

УДК 674:674.8

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫЙ ОПИЛКОБЕТОН ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В.В.Белов¹, В.А.Мионов², Ю.В.Сухарев³

¹Тверской государственной технический университет
Кафедра производства строительных изделий и конструкций

²Тверской государственной технический университет
Кафедра автомобильных дорог, оснований и фундаментов

³Тверской государственной технический университет
Кафедра конструкций и сооружений

Используя в качестве основного сырья отходы деревообработки, предложены технология по изготовлению биологически активированного опилкобетона и его применение с целью снижения материалоемкости строительных конструкций и энергозатрат на их производство.

Ключевые слова: *биотехнологический процесс, древесные биопластики, биоферментация древесного сырья микроорганизмами, биоремедиация опилок, опилкобетон из ферментированного древесного сырья*

Отходы в деревообрабатывающей отрасли России достигают 50 миллионов кубометров в год, из которых только около 80 % удается переработать, а больше 10 миллионов кубометров пропадает или сжигается. Значительная часть отходов идет на изготовление древесностружечных и древесноволокнистых плит (ДСП и ДВП), изделиями из которых наполнены современные дома и квартиры, в том числе в сельской местности. Проблема теплоизоляции жилых и сельскохозяйственных зданий имеет долгую историю и особо актуальна для стран с холодным климатом (Россия, Скандинавские страны, Канада, северные штаты США и т.д.). Строительство таких зданий имеет два важнейших аспекта: 1) экологический, связанный с комфортным состоянием пребывающих в здании людей и животных; 2) экономический, связанный с экономией энергоресурсов, стоимость которых постоянно повышается. Именно эти факторы являются причиной постоянной работы исследователей, технологов и проектировщиков в области усовершенствования строительных материалов.

Для склеивания древесных частиц в древесностружечных и древесноволокнистых плитах используют, как правило, синтетические фенолформальдегидные и карбамидные смолы, затраты на которые достигают 30 % стоимости плит. Главный недостаток синтетических связующих заключается не в дороговизне, а в их токсичности. Так, фенолформальдегидные смолы содержат до 9 % свободного фенола, до

11 % свободного формальдегида и 1,5...2,0 % метанола. В процессе производства и эксплуатации изделий значительная часть этих высокотоксичных веществ выделяется в воздух, загрязняя окружающую среду.

В последние годы в технологии строительных материалов все шире начинают использоваться принципы работы биосистем с целью разработки строительных биотехнологий и биокompозитов. Это основано, в частности, на определенных аналогиях в работе, восприятиях внешних нагрузок и внутреннем строении объектов живой и неживой природы [1, 2]. К важнейшим задачам биотехнологии относится создание композиционных материалов строительного назначения на основе древесного и другого растительного сырья. Пьезометрическая обработка или тонкое измельчение сырья с целью придания ему вяжущих свойств в производстве этого типа материалов предполагают большие энергозатраты. Альтернативным вариантом обработки сырья может быть биотехнологический процесс [3]. Таковы древесные биопластики, изготовленные без добавления токсичных синтетических связующих [4]. Применение биотехнологического процесса удаления сахаров из органического заполнителя может повысить прочность древесно-цементных композиций в зависимости от продолжительности обработки в 1,5...3 раза [5]. Важным вопросом при осуществлении биотехнологического процесса является экологическая чистота продукта биоферментации. Актуальна и экономическая сторона процесса – стоимость исходной биологической культуры, её сохранение и воспроизводство. С этой точки зрения привлекательным считают использование для процесса ферментации растительного сырья микроорганизмов, содержащихся в субстрате животного происхождения, являющемся отходом сельскохозяйственного производства [6].

Наши исследования по данной теме позволили установить возможность улучшения древесного заполнителя путем его биоферментации с помощью микроорганизмов, содержащихся в недефицитном субстрате животного происхождения. Биоферментация древесного сырья микроорганизмами, содержащимися в субстрате и обладающими высокой целлюлозолитической активностью, позволяет получать продукты со сниженным по сравнению с исходным сырьем содержанием углеводов, а обработка древесного сырья – строительные материалы, удовлетворяющие требованиям стандарта, даже на основе широко распространенных отходов деревообработки – опилок. Биоремедиация опилок по разработанному способу значительно (в два раза и более) снижает содержание в них сахаров, что способствует получению опилкобетона с плотностью, соответствующей плотности легких бетонов, и с достаточной прочностью на сжатие [7].

Подобранный состав опилкобетона характеризуется необходимыми физико-механическими свойствами, соответствующими требованиям ГОСТ 19222-84 к теплоизоляционному арболиту. Если учесть, что прочность арболита после 7-суточного твердения составляет 60...70 % от марочной прочности, то при средней плотности около 550 кг/м³ марка по прочности биологически активированного опилкобетона – М10, а класс по прочности на сжатие – В 0,75. Опилкобетон из ферментированного древесного сырья может выпускаться в виде стеновых камней и блоков (теплоизоляционно-конструкционное назначение), а также в качестве вкладышей этих блоков и строительных конструкций, например слоистых панелей (теплоизоляционное назначение). В обоих случаях технологический процесс получения опилкобетона из биологически активированного сырья аналогичен процессу производства арболитовых изделий за исключением участка ферментации опилок субстратом животного происхождения. Таким образом, наряду с указанным участком данное производство включает подготовку древесного сырья (опилок) и цементного вяжущего, дозирование последнего и биологически активированного древесного заполнителя и формование изделий.

Таблица 1

Нормативные начальный и длительный модули деформаций опилкобетона в зависимости от плотности при соответствующих марках по прочности

Наименование показателей	Нормативные значения нормативного начального и длительного модулей деформаций опилкобетона для марок по прочности			
	М10	М15	М25	М35
Марка по плотности, кг/м ³	600	700	700	800
Нормативный начальный модуль деформаций	125	169	238	305
E_b^H , МПа	18,8	25,3	35,7	45,7
Длительный модуль деформаций $E(\tau)$, МПа				

Рассчитанные значения нормативного начального и длительного модулей деформаций опилкобетона для диапазона плотности материала охватывают его теплоизоляционное и теплоизоляционно-конструкционное назначение при стандартных значениях температуры и влажности (см. табл. 1).

Для проверки технологии биологически активированного опилкобетона и его применения для ограждающих строительных

конструкций в межкафедральной строительной лаборатории кафедр «Производство строительных изделий и конструкций» и «Конструкции и сооружения» Тверского государственного технического университета был создан действующий макет технологической установки по изготовлению биологически активированного опилкобетона, включающий основные узлы: а) биореактор на 50 л обрабатываемой смеси субстрата и опилок; б) бетоносмеситель принудительного действия емкостью по загрузке 50 л; в) виброплощадка размерами 1 x 3 м. На этом макете выпущена опытная партия монолитного теплоизоляционного опилкобетона для заполнения внутреннего слоя слоистой панели, представляющей собой новую комбинированную деревянную панельную конструкцию, состоящую из двух металлодеревянных балок [8]. Средний слой – утеплитель (теплоизоляционный опилкобетон). Такое решение повышает долговечность плит, обеспечивая свободный доступ к их элементам для осмотра, ремонта и периодической окраски, а также позволяет упростить узловые соединения блочных конструкций, проектируемых из клефанерных плит.

Изучение напряженно-деформированного состояния основных несущих элементов панели производили при помощи проектно-вычислительного комплекса (ПК) SCAD. Основными этапами решения задачи по расчету панели являлись: расчленение исследуемой системы на конечные элементы; назначение узловых точек, в которых определяли узловые перемещения; построение матриц жесткости; формирование системы канонических уравнений, отражающих условия равновесия в узлах расчетной системы; решение системы уравнений и вычисление значений узловых перемещений; определение компонентов напряженно-деформированного состояния исследуемой системы по найденным значениям узловых перемещений. Результаты расчета опытной панели показывают, что включение в работу панели биологически активированного опилкобетона в качестве среднего слоя позволяет снизить максимальные нормальные напряжения в обшивке и общие прогибы панели на 10...15 %. В дальнейшем предполагается произвести натурные испытания экспериментальной слоистой панели для получения картины напряженно-деформированного состояния элементов панели и подтверждения теоретических предпосылок.

В результате использования биологически активированного опилкобетона, который за свои замечательные свойства по праву может быть назван «искусственным деревом», в качестве утеплителя слоистых панелей достигается сокращение расхода цемента до 30 %, снижение материалоемкости строительных конструкций, энергозатрат на их производство и снижение себестоимости композитов на основе отходов деревообработки по сравнению с аналогичными материалами – на 30...35 % (табл. 2). За счет использования в качестве основного сырья

отходов деревообработки достигается дополнительный энергосберегающий и экологический эффект.

Таблица 2

Сравнение материальных затрат на получение биологически активированного опилкобетона и традиционного арболита для утепления слоистых панелей

Компонент	Традиционный арболит, %	Опилкобетон, %
Портландцемент	45	43,2
Древесный наполнитель	45	31,6
Химические добавки	9,7	9,7
Вода	0,3	0,2
Итого	100	84,7

1. Шушпанов, В.А. Принципы организации биоструктур и строительные материалы [Текст] / В.А. Шушпанов // Современные проблемы строительного материаловедения: материалы международной научно-технической конференции. Пенза: ПГАСА, 1998. Часть II. С. 79-81.

2. Андреев, Е.И. Использование принципов работы биосистем в технологии строительных материалов [Текст] / Е.И. Андреев // Современные проблемы строительного материаловедения: материалы международной научно-технической конференции. Казань: КГАСА, 1996. Часть I. С. 25-27.

3. Соломатов, В.И. Перспективы применения биотехнологии в строительстве [Текст] / В.И. Соломатов, В.П. Селяев, В.Д. Черкасов [и др.] // Известия вузов. Строительство. 1995. № 7. С. 34-38.

4. Лехина, Е.П. Пути повышения эксплуатационных свойств древесных бипластиков [Текст] / Е.П. Лехина, В.И. Соломатов, В.Д. Черкасов // Современные проблемы строительного материаловедения: материалы международной научно-технической конференции. Пенза: ПГАСА. 1998. Часть I. С. 40-41.

5. Соломатов, В.И. Создание строительных биокомпозитов из древесного и другого растительного сырья. Сообщение 1 [Текст] / В.И. Соломатов, В.Д. Черкасов // Известия вузов. Строительство. 1997. № 1-2. С. 27-32. Сообщение 3. Там же. 1997. № 3. С. 32-35.

6. Рабинович, Г.Ю. Влияние биодобавок на развитие микроорганизмов-продуцентов метаболитов при экспрессной биоферментации [Текст] / Г.Ю. Рабинович, Н.Г. Ковалев, Э.М. Сульман // Биотехнология. 1999. № 5. С. 15-17.

7. Пат. 2230049 Российская Федерация, МПК⁷ С 04 В 40/00 18/26. Способ получения древесно-цементной композиции [Текст] / Миронов В.А., Белов В.В., Сухарев Ю.В.; заявитель и патентообладатель Тверской гос. техн. ун-т. Заявка № 2002121205; заявл. 05.08.02; опубл. 20.01.04, Бюл. № 2. 8 с.

8. Свидетельство на полезную модель 9870 Российская Федерация, 6 Е 04 С 3/14. Металлодеревянная балка [Текст] / Погадаев И.К., Сухарев Ю.В., Иванов А.В.; заявители и патентообладатели Погадаев И.К., Сухарев Ю.В., Иванов А.В. Заявка № 98121271/20; заявл. 26.11.01.

THE USE OF BIOLOGICALLY ACTIVATED SAWDUST-CONCRETE IN AGRICULTURAL BUILDING

V.V. Belov¹, V.A. Mironov², U.V. Suharev³

¹Tver State Technical University

The department of producing architectural products and constructions

²Tver State Technical University

The department of motorroads and foundations

³Tver State Technical University

The department of constructions and buildings

The author develops the technology for the biologically activated sawdust-concrete production on the basis of woodworking wastes as the main raw material; and the use of the sawdust-concrete for reducing the material capacity and power inputs of the building construction production.

Key words: *bioengineering process, arborealbioplastics, rawwoodbiofermentation by the use of microorganisms, sawdust bioremediation, sawdust-concrete made from fermented rawwood*

Сведения об авторах:

БЕЛОВ Владимир Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры производства строительных изделий и конструкций Тверского государственного технического университета, e-mail: vladim-bel@yandex.ru

МИРОНОВ Вячеслав Александрович – доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог, оснований и фундаментов Тверского государственного технического университета.

СУХАРЕВ Юрий Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры конструкций и сооружений Тверского государственного технического университета.